



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Off nlegungsschrift
⑩ DE 197 09 298 A 1

⑤① Int. Cl.⁶:
F 02 N 11/08
H 02 J 7/34
B 60 R 16/02

⑦① Aktenzeichen: 197 09 298.5
⑦② Anmeldetag: 6. 3. 97
⑦③ Offenlegungstag: 24. 9. 98

DE 197 09 298 A 1

⑦① Anmelder:
ISAD Electronic Systems GmbH & Co. KG, 50733
Köln, DE

⑦④ Vertreter:
von Samson-Himmelstjerna und Kollegen, 80538
München

⑦② Erfinder:
Pels, Thomas, 50735 Köln, DE; Revermann, Klaus,
50733 Köln, DE; Riekenbrauck, Holger, 50733 Köln,
DE; Zeyen, Klaus-Peter, 50737 Köln, DE

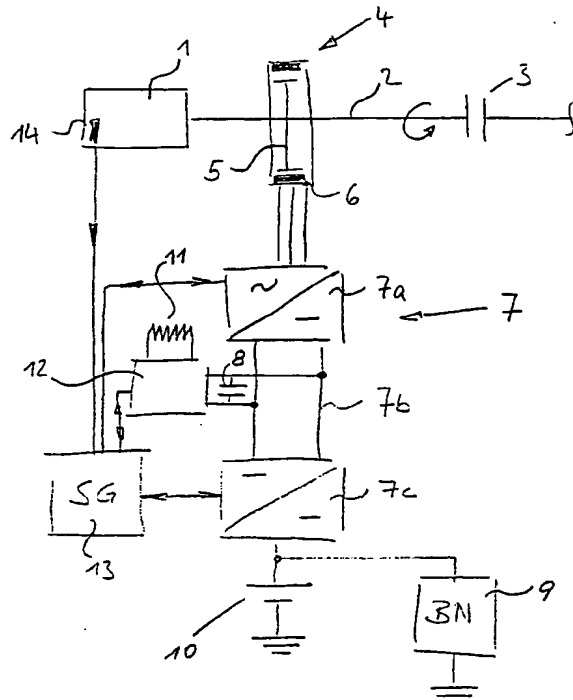
⑤⑥ Entgegenhaltungen:
EP 06 88 698 A2
EP 05 33 037 A1
EP 04 03 051 A1
WO 93 11 003 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Startersysteme für einen Verbrennungsmotor sowie Verfahren zum Start eines Verbrennungsmotors

⑤⑦ Die Erfindung betrifft Startersystem für Verbrennungs-
motoren sowie Verfahren zum Starten solcher Motoren.
Insbesondere betrifft die Erfindung ein Startersystem mit:
einem elektrischen Starter (4), einem elektrischen Kurz-
zeitspeicher (8), insbesondere einem Kondensatorspei-
cher, der nach Aufladung zum Speisen des Starters dient;
einer direkten oder indirekten Temperaturerfassung; ei-
ner Steuereinrichtung, die eine Entnahme eines Teils der
im Kurzzeitspeicher gespeicherten Energie zum Speisen
eines oder mehrerer Verbraucher vor dem Startvorgang
veranlaßt, wobei die Größe dieses Teils temperaturab-
hängig ist, und zwar bei tiefen Temperaturen kleiner als
bei hohen Temperaturen ist.



DE 197 09 298 A 1

Die vorliegende Erfindung betrifft Startersysteme für einen Verbrennungsmotor sowie Verfahren zum Starten eines Verbrennungsmotors.

Es ist bekannt, daß man einen Verbrennungsmotor mit Hilfe von Kondensatoren starten kann. Hierbei wird die zum Starten benötigte Energie von einer Bordnetzbatte (mit 12 Volt oder 24 Volt) mit Hilfe eines hochsetzenden Gleichspannungs-Gleichspannungs-Wandlers (sog. Hochsetzsteller) auf ein höheres Spannungsniveau gebracht und in einem oder mehreren Kondensatoren gespeichert. Derartige Startersysteme sind z. B. aus der SU 1265388 A1 (MOSC AUTOMECH) sowie der EP 0 390 398 A1 (ISUZU) bekannt. Bei einfacheren Systemen liegt der Kondensatorspeicher auf gleichem Spannungsniveau wie die Fahrzeugbatte, hier ist also kein Hochsetzsteller zwischengeschaltet. Beispiele hierfür geben die DE 41 35 025 A1 (MAGNETI MARRELLI) sowie US-PS 5 041 776 (ISUZU). Bei allen vorgenannten Systemen ist die Batte während des Startvorgangs vom Startermotor getrennt, das Starten erfolgt also vollständig mit der im Kondensatorspeicher gespeicherten Energie.

Bei einfachen Systemen der zweitgenannten Art (ohne Hochsetzsteller) ist ferner in der JP 02175350 A (ISUZU) und JP 02175351 A (ISUZU) vorgeschlagen worden, die Batte und den vorgeladenen Kondensator beim Starten parallel zu schalten, so daß beide Energiespeicher zum Startvorgang beitragen.

Aus der EP 0 403 051 A1 (ISUZU) ist es ferner bekannt, einen zum Speichern der Startenergie dienenden Kondensator nur bis zu einem bestimmten variablen Spannungspegel aufzuladen, der von der jeweils vorliegenden Temperatur des Motorkühlmittels abhängt.

Neben den obigen Vorschlägen, die eine Verwendung von Kondensatoren als Speicher für die Startenergie betreffen, gibt es auch Vorschläge für andere Anwendungen, z. B. als Speicher für die von elektrischen Heizungen benötigte Energie. So offenbaren die EP 0 533 037 B1 (MAGNETI MARRELLI) eine elektrische Katalysatorheizung und die EP 0 420 379 B1 eine elektrische Glühanlage für einen Dieselmotor, wobei die Heizenergie jeweils in einem Kondensatorspeicher bereitgehalten wird.

Schließlich sind aus der WO93/11003 (BOSCH) sowie der EP 0 688 698 A2 (BMW et al.) Bordnetzsysteme mit je einer Starterbatte und einer Bordnetzbatte bekannt, die gemeinsam geladen, beim Starten jedoch getrennt werden. Bei der letztgenannten Veröffentlichung sind die beiden Batterien über eine Reglereinheit verbunden, welche den Ladevorgang steuert.

Die bekannten Startersysteme mit Kondensatorspeicher gewährleisten ein sichereres Starten, insbesondere bei großer Kälte und erlauben eine kleinere Auslegung der – an sich für die Kurzzeitentladung beim Starten wenig geeigneten – herkömmlichen Fahrzeugbatte.

Die vorliegende Erfindung zielt darauf ab, verbesserte Startersysteme mit Kurzzeitspeicher, wie etwa einem Kondensatorspeicher, anzugeben. Dazu gehört auch die Bereitstellung entsprechender Verfahren zum Starten.

Gemäß einem ersten Aspekt der Erfindung umfaßt ein Startersystem für einen Verbrennungsmotor folgendes:

- einen elektrischen Starter,
- einen elektrischen Kurzzeitspeicher, insbesondere einen Kondensatorspeicher, der nach Aufladung zum Speisen des Starters dient,
- einer direkten oder indirekten Temperaturerfassung, und

eine Steuereinrichtung, die vor dem Startvorgang eine Entnahme eines Teils der im Kurzzeitspeicher gespeicherten Energie zum Speisen eines oder mehrerer Verbraucher veranlaßt, wobei die Größe des entnommenen Energieteils temperaturabhängig ist, und zwar bei tiefen Temperaturen kleiner als bei hohen Temperaturen (Anspruch 1).

Diesem ersten Aspekt der Erfindung liegen folgende Erkenntnisse zugrunde: bei tiefen Temperaturen des Verbrennungsmotors, insbesondere bei strengem Frost wie -20°C , ist die zum Starten benötigte elektrische Energie wesentlich größer als bei hohen Temperaturen, etwa bei Betriebstemperatur. Dies beruht im wesentlichen auf dem wesentlich größeren Widerstand, den der Verbrennungsmotor aufgrund der bei Kälte größeren Viskosität des Öls der Starterdrehung entgegensetzt. Das Startersystem muß für die tiefsten in der Praxis vorkommenden Temperaturen ausgelegt sein. Das heißt, die Kapazität des Kondensators ist für die meistens vorkommenden höheren Temperaturen stark überdimensioniert. Dies gilt insbesondere für Ausgestaltungen, bei denen der Kondensatorspeicher die gesamte zum Starten erforderliche Energie speichern soll und gilt in etwas abgeschwächtem Ausmaß aber auch für solche Ausgestaltungen, bei denen ein Teil der Startenergie der Langzeitbatte entnommen wird und nur ein Teil vom Kurzzeitspeicher zu speichern ist. Um nicht bei den meist vorkommenden höheren Temperaturen den Kondensator mit mehr Energie zu beladen als beim Starten benötigt wird, schlägt die obengenannte EP 0 403 051 A1 (ISUZU) vor, mit steigender Temperatur geringere Energiemengen zu speichern.

Die Erfindung (erster Aspekt) geht hingegen einen anderen Weg: denn auch eine temperaturabhängige Beladung des Kurzzeitspeichers ändert nichts daran, daß dieser für die tiefste vorkommende Temperatur dimensioniert sein muß – und damit überdimensioniert ist. Es wurde erkannt, daß – bei höheren Temperaturen nicht benötigte – Anteil der Kurzzeitspeicherkapazität in den Dienst anderer Verbraucher (als den Starter) gestellt werden kann) um diese vorzugsweise bereits vor dem Starten des Verbrennungsmotors kurzzeitig mit hoher Leistung versorgen zu können. Bei hohen Temperaturen, wie z. B. Betriebstemperatur, steht für diese zusätzlichen Verbraucher ein relativ großer Energie- und Leistungswert vor dem Starten zur Verfügung. Mit abnehmender Temperatur des Verbrennungsmotors sinkt dieser Betrag, da für den Startvorgang ein größerer Energieanteil vorgehalten werden muß. Bei entsprechender Dimensionierung des Kondensatorspeichers bleibt bei der tiefsten vorkommenden Temperatur gerade keine Energie für die zusätzlichen Verbraucher übrig. Ihre Speisung kann – in diesem relativ selten auftretenden Fall – z. B. auf die Zeit unmittelbar nach dem Starten verschoben werden, wenn ein vom Verbrennungsmotor angetriebener Generator ausreichend Energie liefert.

Unter "Kurzzeitspeicher" wird vorzugsweise jeder Speicher für elektrische Energie verstanden, bei dem der größte Teil (z. B. 97%) der gespeicherten Maximalenergie zerstörungsfrei innerhalb von 60 Sekunden, vorzugsweise innerhalb von 30 Sekunden und besonders vorzugsweise innerhalb von 15 Sekunden entnommen werden kann. Neben Kondensatoren können sich hierfür auch chemische Energiespeicher für hohe Leistungsentnahme handeln, z. B. um sog. alkalische Sekundärsysteme, z. B. alkalische Nickel/Kadmium-Systeme oder Nickel/Eisen-Systeme, die z. B. Sinter-Elektroden oder Faserstruktur-Elektroden enthalten können. "Langzeitspeicher" ist hingegen ein Speicher, dem nach voller Aufladung die gesamte gespeicherte Energie nur in Zeiträumen größer als 10 min entnommen werden kann.

Vorteilhaft handelt es sich bei dem Verbraucher um eine elektrische Heizung vorzugsweise eine Katalysatorheizung (Anspruch 2). Zur Erfüllung zukünftiger strenger Abgasbestimmungen wird es voraussichtlich erforderlich werden, die Abgaskatalysatoren bei Otto-Motoren bereits vor dem Starten des Verbrennungsmotors elektrisch zu beheizen. Hierdurch erreicht man, daß der Katalysator bereits bei den ersten Zündungen auf seiner Betriebstemperatur liegt und damit effektiv arbeitet. Die Erfindung erlaubt eine schnelle Vorheizung des Katalysators praktisch ohne baulichen Zusatzaufwand, indem der – andernfalls überdimensionierte – Kurzzeitspeicher bei nicht zu tiefen Temperaturen des Verbrennungsmotors als Zwischenspeicher für die Katalysator-Heizenergie dient. Anders als bei Speisung aus einer herkömmlichen Langzeitbatterie (die typischerweise minimale Entladezeiten größer als 30 Minuten aufweist) wird der Kurzzeitspeicher unter geringer Leistungsaufnahme aus der Batterie oder – bei einem früheren Fahrzyklus – aus dem Bordnetz langsam aufgeladen und zum Aufheizen des Katalysators praktisch schlagartig entladen (Anspruch 2). Gegenüber einem herkömmlichen Blei-Säure-Akkumulator erfolgt die Beheizung mit hoher elektrischer Leistung, und damit sehr schnell, etwa innerhalb einer oder einigen wenigen Sekunden. Auch andere Heizungen, z. B. Scheibenheizungen, können vorteilhaft vor dem Starten mit hoher Leistung gespeist werden.

Ein zweiter Aspekt der Erfindung betrifft ein Startersystem für einen Verbrennungsmotor, mit

- einem elektrischen Starter;
- einem elektrischen Kurzzeitspeicher, insbesondere einem Kondensatorspeicher, der nach Aufladung zum Speisen des Starters dient;
- einem elektrischen Langzeitspeicher; und
- einer Koppelschaltung, die beim Starten eine gleichzeitige Energieabnahme aus dem Kurzzeitspeicher und dem Langzeitspeicher erlaubt, wobei der Anteil der dem Langzeitspeicher und/oder dem Kurzzeitspeicher entnommenen Energie und/oder Leistung aktiv steuerbar ist (Anspruch 3).

Diesem zweiten Aspekt liegt der Gedanke zugrunde, den Kurzzeitspeicher nicht so groß zu dimensionieren, daß er auch bei ganz tiefen Temperaturen den Verbrennungsmotor alleine starten kann, sondern vielmehr dem Kurzzeitspeicher und dem Langzeitspeicher (z. B. in Form eines herkömmlichen Schwefelsäure-Bleiakkumulators) gleichzeitig Energie zu entnehmen. Einfache Parallelschaltungen von Batterie und Kondensatorspeicher sind – wie oben erwähnt – aus den japanischen Veröffentlichungen 02175350 A (ISUZU) sowie 02175351 A (ISUZU) bekannt. Es handelt sich hierbei aber um ganz einfache Startersysteme. In der Entwicklung fortgeschrittenere bekannte Systeme weisen hingegen einen Hochsetzsteller von der Batterie zum Kondensatorspeicher auf, der beim Starten die beiden Speicher voneinander getrennt hält (siehe z. B. die eingangs erwähnte SU 1265388 A1 (MOSK AUTOMECH)). Er dient dazu, den Kondensatorspeicher auf ein gegenüber dem Langzeitspeicher erhöhtes Spannungsniveau zu laden.

Die Erfindung (zweiter Aspekt) geht einen anderen Weg, indem sie eine aktiv steuerbare Kopplung zwischen den beiden Energiespeichern nicht (nur) beim Laden des Kurzzeitspeichers vorsieht, sondern auch beim Entladen während des Startvorgangs. Die Beteiligung beider Energiespeicher erlaubt eine kleinere Dimensionierung des Kurzzeitspeichers bei gleichzeitiger Anpassung der relativen Leistungsentnahme an die i. a. unterschiedlichen Charakteristika der beiden verschiedenen Speichertypen. Unter "aktiv steuer-

bar" wird nicht (nur) die Möglichkeit einer Zu- und Abschaltung des Langzeitspeichers und/oder Kurzzeitspeichers verstanden, sondern die Möglichkeit einer kontinuierlichen Vorstellung des Anteils der Energie und/oder Leistung, welche dem Langzeitspeicher und/oder dem Kurzzeitspeicher beim Starten entnommen wird.

Vorteilhaft wird dem Langzeitspeicher hierbei nur gerade so viel Leistung entnommen, wie unter voller Ausnutzung des Kurzzeitspeichers zum Starten erforderlich ist (Anspruch 4). Wie oben ausgeführt wurde, hängt die zum Starten erforderliche Leistung u. a. stark von der Temperatur des Verbrennungsmotors ab. Der Betrag der dem Langzeitspeicher entnommenen Leistung kann daher auf der Grundlage einer Messung des momentanen Temperaturwerts anhand einer bekannten Temperaturabhängigkeitsfunktion gesteuert werden. Diese Ausgestaltung führt zu einer minimalen Kurzzeitbelastung des Langzeitspeichers.

Bei einer anderen vorteilhaften Ausgestaltung wird dem Kurzzeitspeicher nur gerade so viel Leistung entnommen, wie unter voller Ausnutzung des Langzeitspeichers zum Starten erforderlich ist (Anspruch 5). Dies erlaubt es, den bei der jeweiligen Temperatur maximal möglichen Anteil der im Kurzzeitspeicher gespeicherten Energie für andere Zwecke als zum Starten zu verwenden, insbesondere für die Speisung anderer Verbraucher vor dem Starten, wie den im Zusammenhang mit Anspruch 2 erwähnten Heizungen (insb. Katalysatorheizung).

Vorteilhafte Möglichkeit entnimmt man dem Langzeitspeicher die größtmögliche Leistung (Anspruch 6). Dies erzielt man, indem die Koppelschaltung den Langzeitspeicher mit optimaler Anpassung belastet, d. h. daß der effektive Innenwiderstand der Koppelschaltung ungefähr gleich dem Innenwiderstand des Langzeitspeichers ist. Bei dieser Anpassung sind Widerstände zwischen der Langzeitbatterie und der Koppelschaltung zu berücksichtigen (indem man sie entweder dem Eingangswiderstand der Koppelschaltung oder dem Innenwiderstand des Langzeitspeichers zuschlägt). Diese Ausgestaltung weist dem Langzeitspeicher einen vergleichsweise größeren Anteil an der Gesamtleistung zu und erlaubt damit eine vergleichsweise kleinere Dimensionierung des Kurzzeitspeichers. Bei Abwandlungen dieser Ausgestaltung wird dem Langzeitspeicher nur ein bestimmter Bruchteil der größtmöglichen Leistung entnommen, z. B. Bruchteile im Bereich von 50 bis 100%, vorteilhaft 65 bis 100%, vorzugsweise 75 bis 100% und besonders vorzugsweise 90 bis 100% der größtmöglichen Leistung.

Vorzugsweise arbeitet der Kurzzeitspeicher auf einem anderen, insbesondere einem höheren Spannungsniveau als der Langzeitspeicher (Anspruch 7). Vorzugsweise umfaßt dann die Koppelschaltung einen Spannungswandler, z. B. einen Hochsetzsteller, der Strom von dem einen auf das andere Spannungsniveau bringen kann. Die verschiedenen Spannungsniveaus können vorteilhaft den verschiedenen technischen Eigenheiten der beiden verschiedenen Speichertypen angepaßt sein. So erreicht ein Kondensatorspeicher i. a. seine größte Energiespeicherdichte bei einem relativ hohen Spannungsniveau (z. B. bei 300 Volt), während eine Akkumulatorbatterie – je nach verwendetem Batterietyp und Anzahl der in Serie geschalteten Zellen – in der Regel niedrigere Spannungen liefert, die i. a. der Spannung eines Niederspannungsbordnetzes entsprechen (z. B. 12 Volt oder 24 Volt). Die Koppelschaltung ist z. B. ein Hochsetzsteller auf der Grundlage einer Induktionspumpschaltung. Eine solche ist z. B. aus einer Serienschaltung einer Induktivität und eines elektronischen Schalters aufgebaut, die bei geschlossenem Schalter von Strom aus dem Langzeitspeicher durchflossen ist. Zwischen diesen beiden Elementen befindet sich eine Abzweigung zu dem auf höherem Span-

nungsniveau liegenden Kurzzeitspeicher, welche mit einer rückflußverhindernden Diode ausgerüstet ist. Durch Öffnen des Schalters entsteht durch Induktion eine (im Prinzip beliebig hohe) Spannungsspitze, welche den Strom kurzfristig zum hohen Spannungsniveau fließen läßt und damit hochsetzt. Durch Vergrößern oder Verkleinern der Schaltfrequenz des Schalters läßt sich die hochgesetzte Strommenge entsprechend vergrößern bzw. verkleinern.

Vorteilhaft wird der Starter von einem Wechselrichter mit Gleichspannungs-Zwischenkreis gespeist, wobei der Kurzzeitenergiespeicher auf dem Spannungsniveau des Gleichspannungs-Zwischenkreises liegt (Anspruch 8). Ein Gleichspannungs-Zwischenkreis-Wechselrichter schneidet beispielsweise aus einer konstant gehaltenen Zwischenkreis-Gleichspannung mit Hilfe von elektronischen Schaltern (z. B. Feldeffekttransistoren oder IGBT's) breitenmodulierte Pulse heraus, die – gemittelt durch die Induktivität des Generators – zu nahezu glatten Gleichströmen gewünschter Spannung oder Wechselströmen gewünschter Frequenz, Amplitude und Phase führen. Besonders vorteilhaft ist daher der Starter als Drehstrommaschine (auch Drehfeldmaschine genannt) ausgebildet. Hierunter wird – im Gegensatz zu einer Stromwendermaschine – eine insbesondere kommutatorlose Maschine verstanden, in der z. B. der Ständer ein magnetisches Drehfeld erzeugt, welches um 360° umläuft und den Läufer mitnimmt. Der Starter kann insbesondere als Asynchronmaschine, z. B. mit Kurzschlußläufer, oder als Synchronmaschine, z. B. mit Läufer mit ausgeprägten Magnetpolen ausgebildet sein. Der Kurzschlußläufer bei der Asynchronmaschine kann z. B. ein Käfigläufer mit Kurzschlußstäben in Axialrichtung sein. Bei anderen Ausgestaltungen der Asynchronmaschine weist der Läufer Wicklungen auf, die z. B. über Schleifringe extern kurzgeschlossen werden können. Die ausgeprägten Magnetpole des Läufers bei der Synchronmaschine realisiert man z. B. durch Permanentmagnete oder durch Elektromagnete, die z. B. über Schleifringe mit Erregerstrom gespeist werden können. Der Starter kann indirekt, etwa über Ritzel, Vorgelege etc. mit der Verbrennungsmotorwelle gekoppelt sein. Vorteilhaft sitzt aber ein Teil des Starters, insbesondere der Läufer, direkt auf der Motorwelle und ist vorzugsweise drehfest mit ihr gekoppelt oder koppelbar. Der Läufer kann beispielsweise auf der zum Getriebe führenden Welle sitzen, oder an der anderen Seite des Verbrennungsmotors auf dem dort blind endenden Wellenstummel. Ein anderer Teil des Starters, insbesondere der Ständer, ist drehfest mit einem nicht drehbaren Teil verbunden oder lösbar verbindbar, z. B. dem Motor- oder Getriebegehäuse.

Eine wechselrichtergesteuerte Drehstrommaschine kann neben der Starterfunktion vorteilhaft eine oder mehrere Zusatzfunktionen haben, z. B. die Funktion eines Generators für die Bordnetzversorgung, einer zusätzlichen Fahrzeugantriebsmotor, als zusätzliche Fahrzeugbremse und/oder einer aktiven Glättungsvorrichtung für Drehungleichförmigkeiten, die bei Verbrennungsmotoren aufgrund deren diskontinuierlicher Arbeitsweise auftreten. Die Umsteuerung vom Motor- in den Generatorbetrieb erfolgt durch entsprechende Umsteuerung der magnetischen Felder anhand entsprechender Wechselrichteransteuerung.

Die Erfindung ist auch auf Verfahren zum Starten eines Verbrennungsmotors gerichtet. Bezüglich der Merkmale, Ausgestaltungen und Vorteile der erfindungsgemäßen Verfahren wird auf die Ansprüche 9 und 10 sowie die vorstehenden und folgenden Ausführungen zum Startersystem und dessen Ausgestaltungen und Ausführungsbeispiele verwiesen.

Die Erfindung wird nun anhand von Ausführungsbeispielen und der angefügten schematischen Zeichnung näher er-

läutert. In der Zeichnung zeigen:

Fig. 1 ein Diagramm der für einen Verbraucher entnehmbaren relativen Energie als Funktion der Temperatur (erster Aspekt);

Fig. 2 ein Diagramm der vom Kurzzeitspeicher und vom Langzeitspeicher gelieferten Leistungsanteile als Funktion der Temperatur (zweiter Aspekt);

Fig. 3 eine Schemadarstellung der wichtigsten Funktionseinheiten der Startersysteme (erster und zweiter Aspekt);

Fig. 4 ein Flußdiagramm eines Verfahrens zum Starten (erster Aspekt);

Fig. 5 ein Flußdiagramm eines anderen Verfahrens zum Starten (zweiter Aspekt).

Fig. 1 veranschaulicht die Energieverhältnisse bei einem Ausführungsbeispiel des ersten Aspekts der Erfindung. Aufgetragen ist der Anteil e_v der im Kondensator gespeicherten Energie, der für den Verbraucher abgezweigt wird, als Funktion der Temperatur des Verbrennungsmotors. Der Anteil e_v ist definiert als Verhältnis des für den Verbraucher abgezweigten Energiebetrags E_v und des Betrags der gesamten im Kondensator gespeicherten Energie E_{Total} . Bei dem einen Extremwert, der tiefsten vorkommenden Temperatur T_{min} , ist der Verbraucherenergieanteil e_v gleich null. Zum Starten wird die gesamte gespeicherte Energie benötigt, d. h. der Startenergieanteil $e_{\text{Start/kalt}}$ ist gleich eins. Bei der höchsten vorkommenden Temperatur T_{max} , z. B. der Betriebstemperatur des Verbrennungsmotors, wird nur ein Teil der gespeicherten Energie zum Starten benötigt, d. h. der Startenergieanteil $e_{\text{Start/warm}}$ ist deutlich kleiner als eins. Der verbleibende Energiebetrag kann hier zur Speisung eines Verbrauchers vor dem Starten dienen, d. h. der Verbraucherenergieanteil $e_{v/\text{warm}}$ ist gleich der Differenz von eins und $e_{\text{Start/warm}}$. **Fig. 1** veranschaulicht schematisch e_v für alle Werte zwischen T_{min} und T_{max} . Aufgrund des mit zunehmender Temperatur abnehmenden Widerstands, den der Verbrennungsmotor dem Starter entgegensetzt, sowie der abnehmenden Startdrehzahl, handelt es sich bei der dargestellten Abhängigkeit um eine stetige und nur ansteigende (oder konstante) Funktion.

Fig. 2 veranschaulicht die Leistungsverhältnisse bei einem Ausführungsbeispiel gemäß dem zweiten Aspekt der Erfindung. Aufgetragen ist hier die (für einen bestimmten Moment) beim Starten erforderliche Gesamtleistung als Funktion der Temperatur. Entsprechend den obigen Ausführungen ist die Gesamtleistung bei der tiefsten vorkommenden Temperatur T_{min} maximal und nimmt mit steigender Temperatur bis zur höchsten Temperatur T_{max} ab. Gestrichelt dargestellt ist die maximale Leistungsentnahme aus dem Kurzzeitspeicher, welche temperaturunabhängig – und damit in der Darstellung eine horizontale Gerade – ist. Da beim zweiten Aspekt der Erfindung Kurzzeitspeicher und Batterie beim Starten zusammenwirken, liegt die maximale Kurzzeitspeicherleistung unterhalb der maximalen Gesamtleistung bei der tiefsten vorkommenden Temperatur T_{min} , bildet also eine Art Sockel. Der Batterie wird nur in demjenigen (schraffiert dargestellten) Temperaturbereich Energie entnommen, bei dem die Gesamtleistungskurve über diesem Sockel liegt. Dies ist in **Fig. 2** beispielhaft für eine Temperatur etwas oberhalb T_{min} dargestellt. Bei mittleren Temperaturen unterschreitet die Kurve der Gesamtleistung den Sockel. Das heißt, bei Temperaturen oberhalb des Schnittpunkts erfolgt das Starten ausschließlich aus dem Kurzzeitspeicher, die Batterie trägt hier nicht bei. Zu anderen (nicht gezeigten) Zeitpunkten kann die maximale Kurzzeitspeicherleistung auch bei T_{max} die erforderliche Gesamtleistung unterschreiten, so daß dann die Batterie beitragen muß. Bei anderen (nicht gezeigten) Ausführungsformen kann die maximale Kurzzeitspeicherleistung zu allen Zeitpunkten unterhalb der

erforderlichen Gesamtleistung bei T_{\max} liegen, so daß zu allen Zeitpunkten die Batterie zum Starten beiträgt.

Ein Startersystem weist gemäß Fig. 3 (für ein Kraftfahrzeug, z. B. einen Personenkraftwagen) einen Verbrennungsmotor 1 auf, der Drehmoment über eine Antriebswelle 2 (z. B. die Kurbelwelle des Verbrennungsmotors 1), eine Kupplung 3 und weitere (nicht gezeigte) Teile eines Antriebsstrangs auf die Antriebsräder des Fahrzeugs abgibt. Bei der hier interessierenden Starterfunktion ist die Kupplung 3 geöffnet. Auf der Antriebswelle 2 sitzt eine als Starter dienende elektrische Maschine 4, hier eine Asynchron-Drehstrommaschine. Sie weist einen direkt auf der Antriebswelle 2 sitzenden und drehfest mit ihr verbundenen Läufer 5 sowie einen z. B. am Gehäuse des Verbrennungsmotors 1 abgestützten Ständer 6 auf. Der Starter 4 (sowie die unten näher beschriebenen Einrichtungen zu seiner Speisung und zur Energiespeicherung) sind so dimensioniert, daß der Verbrennungsmotor 1 vorzugsweise direkt (d. h. ohne Schwungradfunktion oder ähnliches) gestartet werden kann und vorzugsweise auch keine Über- oder Unterersetzung zwischen Starter 4 und Verbrennungsmotor 1 angeordnet ist, so daß beide permanent zusammenlaufen können. Die (nicht dargestellte) Wicklung des Ständers 6 wird durch einen Wechselrichter 7 mit elektrischen Strömen und Spannungen praktisch frei einstellbarer Amplitude, Phase und Frequenz gespeist. Es handelt sich z. B. um einen Gleichspannungs-Zwischenkreis-Wechselrichter, welcher aus einer im wesentlichen konstanten Zwischenkreis-Gleichspannung mit Hilfe von elektronischen Schaltern z. B. sinusbewertete breitenmodulierte Pulse ausschneidet, die – gemittelt durch die Induktivität der elektrischen Maschine 4 – zu nahezu sinusförmigen Strömen der gewünschten Frequenz, Amplitude und Phase führen. Der Wechselrichter ist im wesentlichen aus einem maschinenseitigen Gleichspannungs-Wechselspannungsumrichter 7a, einem Zwischenkreis 7b und einem bordnetzseitigen Gleichspannungs-Wandler 7c aufgebaut. Ein Kurzzeitenergiespeicher 8, z. B. ein Kondensatorspeicher, liegt – elektrisch gesehen – im Zwischenkreis 7b. Der Wandler 7c ist mit einem Fahrzeugbordnetz 9 und einem Langzeitenergiespeicher, hier einer Bordnetzbatte-
rie 10, gekoppelt. Das Bordnetz 9 und die Batterie 10 liegen auf einem niedrigen Spannungsniveau, z. B. 12 oder 24 Volt. Der Zwischenkreis 7b liegt demgegenüber auf einer erhöhten Spannung, die vorteilhafterweise im Bereich zwischen 48 und 350 Volt liegt. Die elektrische Maschine 4 kann nach dem Startvorgang, bei dem sie elektrische Energie benötigt, als Generator fungieren, d. h. elektrische Energie liefern. Der Wandler 7c ist daher als bidirektionaler Wandler ausgebildet, um einerseits für den Startvorgang bzw. dessen Vorbereitung elektrische Energie aus der Bordnetzbatte-
rie 10 in den Zwischenkreis 7b bringen zu können, und um andererseits beim Generatorbetrieb Energie aus dem Zwischenkreis 7b auf die Niederspannungsseite zu überführen, um Verbraucher des Bordnetzes 9 zu speisen und die Bordnetzbatte-
rie 10 zu laden. Der Umrichter 7a wandelt im Motorbetrieb die Gleichspannung des Zwischenkreises 7b in Wechselspannung um, im Generatorbetrieb speist er die von der elektrischen Maschine 4 gelieferte Energie nach Gleichrichtung in den Zwischenkreis 7b ein. Der Kondensatorspeicher 8 ist in der Lage, Spannungspulse mit einer für eine hohe Pulsfrequenz (vorteilhaft im Bereich von 20 kHz bis 100 kHz) mit der erforderlichen Flankensteilheit zu liefern. Er dient ferner als Energiespeicher für die zum Starten benötigte Energie, ggf. im Zusammenwirken mit der Batterie 10. Bei anderen (nicht gezeigten) Ausführungsformen ist für die Bereitstellung flankensteiler Pulse ein gesonderter, besonders schnell entladbarer Kondensatorspeicher vorgesehen, der nur über geringere Kapazität zu verfügen braucht. Die

Aufladung des Kondensatorspeichers 8 kann entweder im Generatorbetrieb durch die elektrische Maschine 4 über den Umrichter 7a, oder bei Stillstand des Fahrzeuges aus der Batterie 10 über den Wandler 7c erfolgen. Ein Hochleistungsverbraucher 11, z. B. eine elektrische Katalysatorheizung, ist über ein Verbrauchersteuergerät 12 elektrisch mit dem Zwischenkreis 7b gekoppelt. Die Speisung des Hochleistungsverbrauchers 11 erfolgt vorteilhaft auf einem hohen Spannungsniveau, z. B. dem Spannungsniveau des Zwischenkreises 7b. In diesem Fall dient das Verbrauchersteuergerät 12 nicht als Spannungswandler, sondern nur als Stromsteuergerät. Bei anderen Ausführungsformen hat es zusätzlich die Funktion eines Spannungswandlers zu höheren oder niedrigeren Spannungen. Ein übergeordnetes Steuergerät 13 steuert den Wechselrichter 7, und zwar den Umrichter 7a und den Wandler 7c, sowie das Verbrauchersteuergerät 12. Es gibt dem Umrichter 7a Amplitude, Phase und Frequenz des an den Starter 4 zu liefernden Dreiphasenstroms vor. Dem Wandler 7c gibt es den Strombetrag, die Stromrichtung und den Betrag des Spannungsherauf- bzw. -herabsetzung vor. Dem Verbrauchersteuergerät 12 gibt es schließlich vor, welchen Strombetrag dieses aus dem Zwischenkreis 7b entnehmen soll und ggf. welche Spannungsdifferenz dabei zu überwinden ist. Das Steuergerät 13 empfängt Eingangssignale von einem Temperatursensor 14, der Information z. B. über die Kühlmitteltemperatur des Verbrennungsmotors 1 liefert. Es empfängt ferner Eingangssignale von einem (nicht gezeigten) Drehwinkelgeber, aus denen es die momentane Drehzahl der Antriebswelle 2 ermitteln kann. Ferner kann es eine Reihe weiterer Informationen erhalten, z. B. betreffend die Stellung der Drosselklappe des Verbrennungsmotors 1, den Zündzeitpunkt etc. .

Im folgenden wird die Funktion des Startersystems von Fig. 3 gemäß dem ersten Aspekt der Erfindung anhand des Flußdiagramms gemäß Fig. 4 erläutert: Im Schritt S1 wird der Kondensatorspeicher 8 aufgeladen. Die Aufladung erfolgt auf einen feststehenden vorgegebenen Wert, der z. B. durch den Sollwert der Zwischenkreisspannung vorgegeben ist. Nach Möglichkeit erfolgt die Ladung des Kondensatorspeichers 8 bereits bei laufendem Verbrennungsmotor aus der dann als Generator fungierenden elektrischen Maschine 4. Bei längerem Fahrzeugstillstand entlädt sich der Kondensatorspeicher 8 aber allmählich, so daß er dann ganz oder teilweise durch Energieentnahme aus der Bordnetzbatte-
rie 10 aufzuladen ist. Im Schritt S2 ermittelt das Steuergerät 13 die momentane Temperatur des Verbrennungsmotors anhand der vom Temperatursensor 14 gelieferten Meßinformation. Im Schritt S3 ermittelt das Steuergerät 13 z. B. anhand eines abgespeicherten Kennfeldes diejenige Energiemenge, die erwartungsgemäß bei der im vorangegangenen Schritt ermittelten Temperatur zum Starten benötigt wird. Auf der Grundlage der ermittelten benötigten Energiemenge und dem bekannten Wert der im Kondensatorspeicher gespeicherten Energiemenge ermittelt das Steuergerät im Schritt S4 denjenigen Teil der im Kondensatorspeicher 8 gespeicherten Energie, der bei der vorliegenden Temperatur nicht zum Starten benötigt wird. Im Schritt S5 fragt das Steuergerät 13 ab, ob ein Kommando zum Start des Verbrennungsmotors – etwa durch Betätigung des Zündschlüssels – gegeben wurde. Falls dies nicht der Fall ist, führt das Steuergerät 13 die Schritte S2 bis S5 wiederholt aus. Falls hingegen ein Startkommando gegeben wurde, schreitet es zum folgenden Schritt S6 fort. (Bei anderen (nicht gezeigten) Ausführungsformen befindet sich das Programm in einem passiven Wartezustand; erst nach Erhalt eines Startkommandos führt es dort Aktionen gemäß den Schritten S2 und S4 durch). Im Schritt S6 veranlaßt das Steuergerät 13, daß der Hochleistungsverbraucher 11, hier eine Katalysatorheizung,

mit kurzfristig sehr hoher Leistung mit dem nicht benötigten Teil der Energie gespeist wird. Der Katalysator kommt dadurch sofort z. B. auf Betriebstemperatur und steht damit bereits bei den ersten Zündungen für die stoffliche Umsetzung schädlicher Abgase bereit. Im Schritt S7 wird schließlich der Verbrennungsmotor 1 unter Verwendung des im Kondensatorspeicher 8 verbliebenen Energieanteils gestartet.

Das Flußdiagramm gemäß Fig. 5 erläutert eine Abwandlung der Funktionsweise des Startersystems von Fig. 3 gemäß dem zweiten Aspekt der Erfindung: Bezüglich der Schritte S11, S12 und S13 wird auf die obigen Ausführungen zu den Schritten S1, S2 und S3 verwiesen, die auch hier vollinhaltlich zutreffen. Im Schritt S14 wird auf der Grundlage des Ergebnisses im Schritt S13 sowie dem bekannten Wert der im Kondensatorspeicher 8 gespeicherten Energiemenge derjenige Energieanteil ermittelt, der diesem bei der vorliegenden Temperatur der Bordnetz-Batterie 10 für den Startvorgang entnommen werden muß. Im Schritt S15 wird – entsprechend den obigen Ausführungen zum Schritt S5 – abgefragt, ob ein Startkommando gegeben wurde. (Auch bei dieser Ausführungsform kann die Startkommando-Abfrage vor Ausführung der Schritte S12, S13 und S14 erfolgen.) Im Schritt S16 veranlaßt das Steuergerät 13 schließlich das Starten des Verbrennungsmotors 1 unter Energieentnahme aus dem Kondensatorspeicher 8 und ggf. aus der Bordnetz-Batterie 10 entsprechend dem im Schritt S14 ermittelten Anteil. Bei einer anderen (nicht gezeigten) Ausführungsform werden die Schritte S14 und S16 im Verlauf des Startvorgangs häufig wiederholt durchlaufen, um auch eine ggf. vorhandene zeitliche Veränderung des zu entnehmenden Energieanteils im Verlauf des Startvorgangs zu berücksichtigen. Eine solche Zeitabhängigkeit kann z. B. dadurch auftreten, daß sich der Kondensatorspeicher 8 im Verlauf des Ladevorgangs entlädt und gegen Ende seines Entladungsvorgangs nur noch weniger Energie liefern kann, so daß der der Bordnetz-Batterie 10 zu entnehmende Anteil zunimmt. Genau genommen wird bei dieser Ausführungsform also im Schritt S14 der Leistungsanteil ermittelt, der bei der vorliegenden Temperatur und zu dem betreffenden Zeitpunkt im Verlauf des Startvorgangs der Bordnetz-Batterie 10 entnommen werden muß. Im Schritt S16 erfolgt dann eine entsprechende Leistungsentnahme aus dem Kondensator und der Batterie entsprechend dem im Schritt S14 ermittelten Leistungsanteil.

Zusammenfassend liegt der Erfindung also der Gedanke zugrunde, die Temperaturabhängigkeit der zum Starten benötigten Energiemenge nicht bei der Aufladung des Kurzzeitspeichers zu berücksichtigen, sondern beim Entladungs- und/oder Startvorgang. Dies ist besonders vorteilhaft für solche Startersysteme, bei denen der Kurzzeitspeicher spannungsmäßig auf einem vorgegebenen Niveau liegen soll, etwa dem Niveau des Zwischenkreises eines der Speisung des Starters dienenden Wechselrichters.

Patentansprüche

1. Startersystem für einen Verbrennungsmotor (1), mit:

- einem elektrischen Starter (4),
- einem elektrischen Kurzzeitspeicher (8), insbesondere einem Kondensatorspeicher, der nach Aufladung zum Speisen des Starters (4) dient;
- einer direkten oder indirekten Temperaturerfassung;
- einer Steuereinrichtung (13), die eine Entnahme eines Teils der im Kurzzeitspeicher gespeicherten Energie zum Speisen eines oder mehrerer Verbraucher (11) vor dem Startvorgang veranlaßt,

wobei die Größe dieses Teils temperaturabhängig ist, und zwar bei tiefen Temperaturen kleiner als bei hohen Temperaturen ist.

2. Startersystem nach Anspruch 1, bei welchem der Verbraucher (11) eine elektrische Heizung, insbesondere eine Katalysatorheizung ist.

3. Startersystem für einen Verbrennungsmotor (1), mit

- einem elektrischen Starter (4);
- einem elektrischen Kurzzeitspeicher (8), insbesondere einem Kondensatorspeicher, der nach Aufladung zum Speisen des Starters (4) dient;
- einem elektrischen Langzeitspeicher (10); und
- einer Koppelschaltung (7c), die beim Starten eine gleichzeitige Energieabnahme aus dem Kurzzeitspeicher (8) und dem Langzeitspeicher (10) erlaubt, wobei der Anteil der dem Langzeitspeicher (10) und/oder dem Kurzzeitspeicher (8) entnommenen Energie und/oder Leistung aktiv steuerbar ist.

4. Startersystem nach Anspruch 3, wobei dem Langzeitspeicher (10) nur so viel Leistung entnommen wird, wie unter maximaler Abgabeleistung des Kurzzeitspeichers (8) zum Starten erforderlich ist.

5. Startersystem nach Anspruch 3, wobei dem Kurzzeitspeicher (8) nur so viel Leistung entnommen wird, wie unter maximaler Abgabeleistung des Langzeitspeichers (10) zum Starten erforderlich ist.

6. Startersystem nach einem der Ansprüche 3 bis 5, wobei dem Langzeitspeicher (10) in optimaler Anpassung die größtmögliche Leistung oder ein bestimmter Bruchteil hiervon entnommen wird.

7. Startersystem nach einem der Ansprüche 3 bis 6, wobei der Kurzzeitspeicher (8) auf einem anderen, insbesondere höheren Spannungsniveau als der Langzeitspeicher (10) arbeitet, und die Koppelschaltung (7c) einen Spannungswandler umfaßt.

8. Startersystem nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei der Starter von einem Wechselrichter (7) mit Gleichspannungs-Zwischenkreis (7b) gespeist wird, und der Kurzzeitspeicher (8) im Gleichspannungs-Zwischenkreis (7b) liegt.

9. Verfahren zum Starten eines Verbrennungsmotors (1), mit folgenden Schritten:

- Aufladen eines Kurzzeitspeichers (8) durch Energieentnahme aus einem Langzeitspeicher (10);
- Ermitteln der Energiemenge, die zum Starten des Verbrennungsmotors (1) benötigt wird;
- aufgrund eines Startkommandos Entnahme des nicht zum Starten benötigten Teils der gespeicherten Energie und Speisen eines oder mehrerer Verbraucher (11) mit dieser Energie; und
- Starten des Verbrennungsmotors (1) unter Verwendung des im Kurzzeitspeicher (8) verbliebenen Energieanteils.

10. Verfahren zum Starten eines Verbrennungsmotors (1), mit folgenden Schritten:

- Aufladen eines Kurzzeitspeichers (8) durch langsame Energieentnahme aus einem Langzeitspeicher (10);
- Starten des Verbrennungsmotors (1) unter gleichzeitiger Energieentnahme aus dem Kurzzeitspeicher (8) und dem Langzeitspeicher (10), wobei der dem Langzeitspeicher (10) und/oder dem Kurzzeitspeicher (8) entnommene Energie-

anteil aktiv steuerbar ist.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

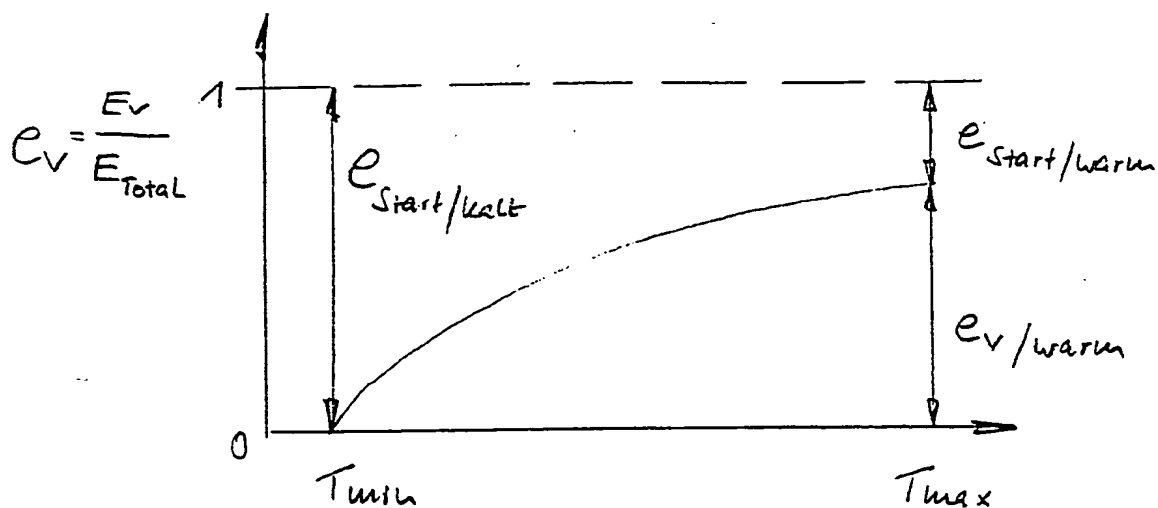


FIG. 1

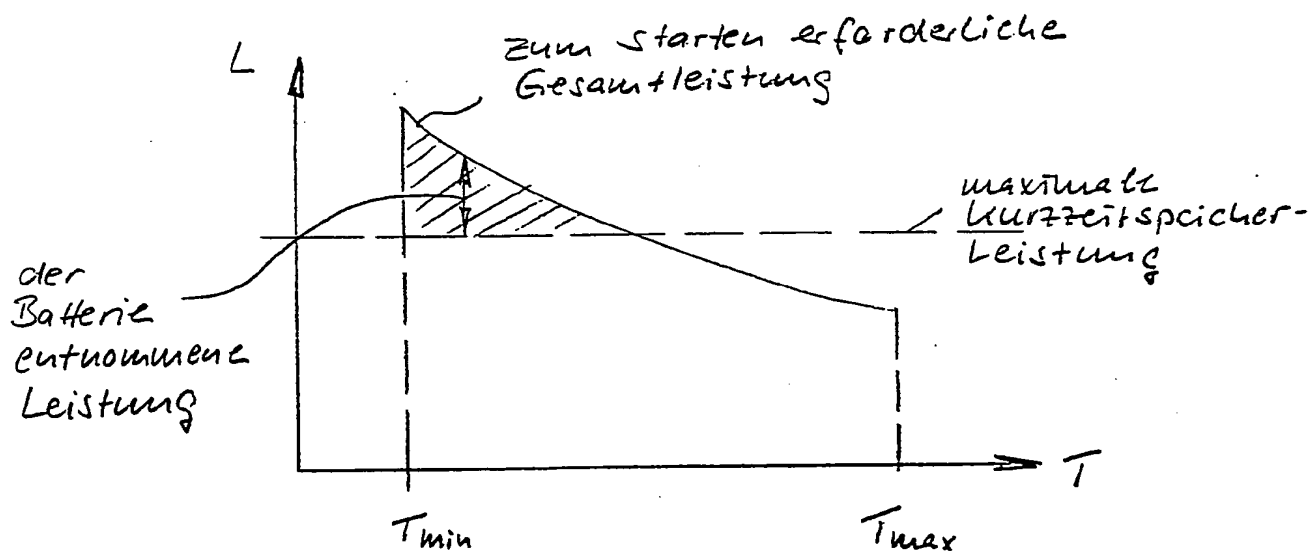


FIG. 2

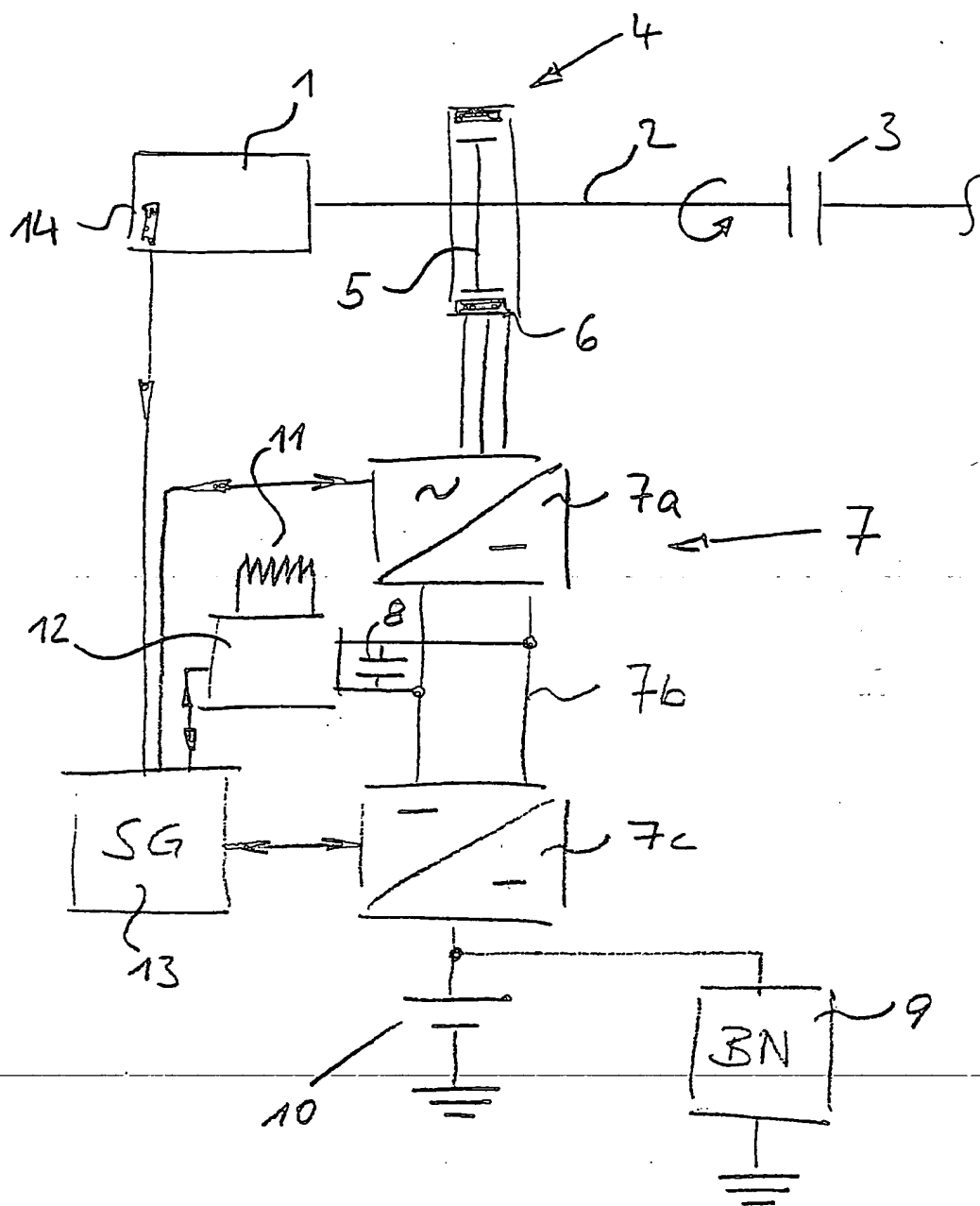


FIG. 3

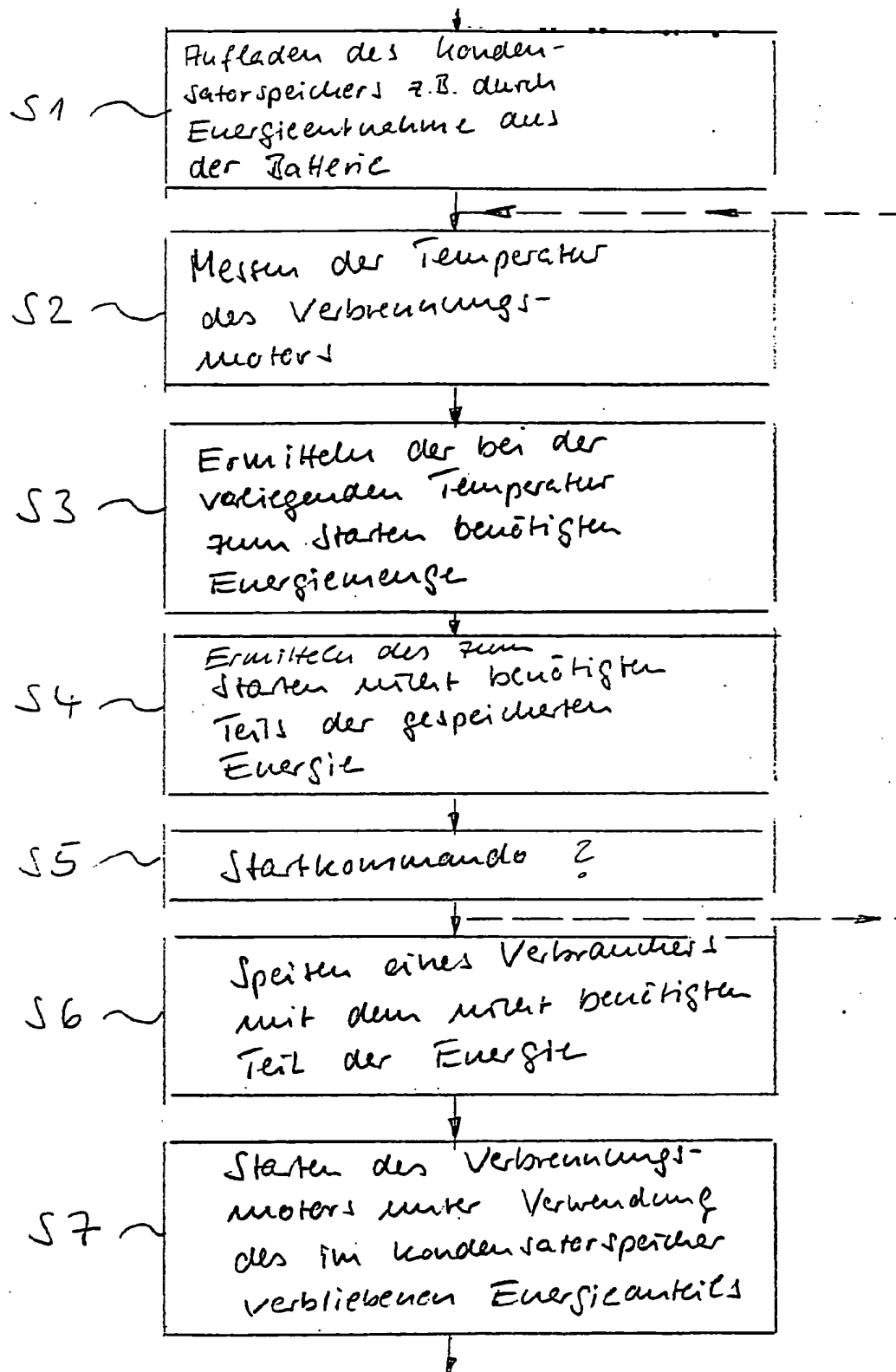


FIG. 4

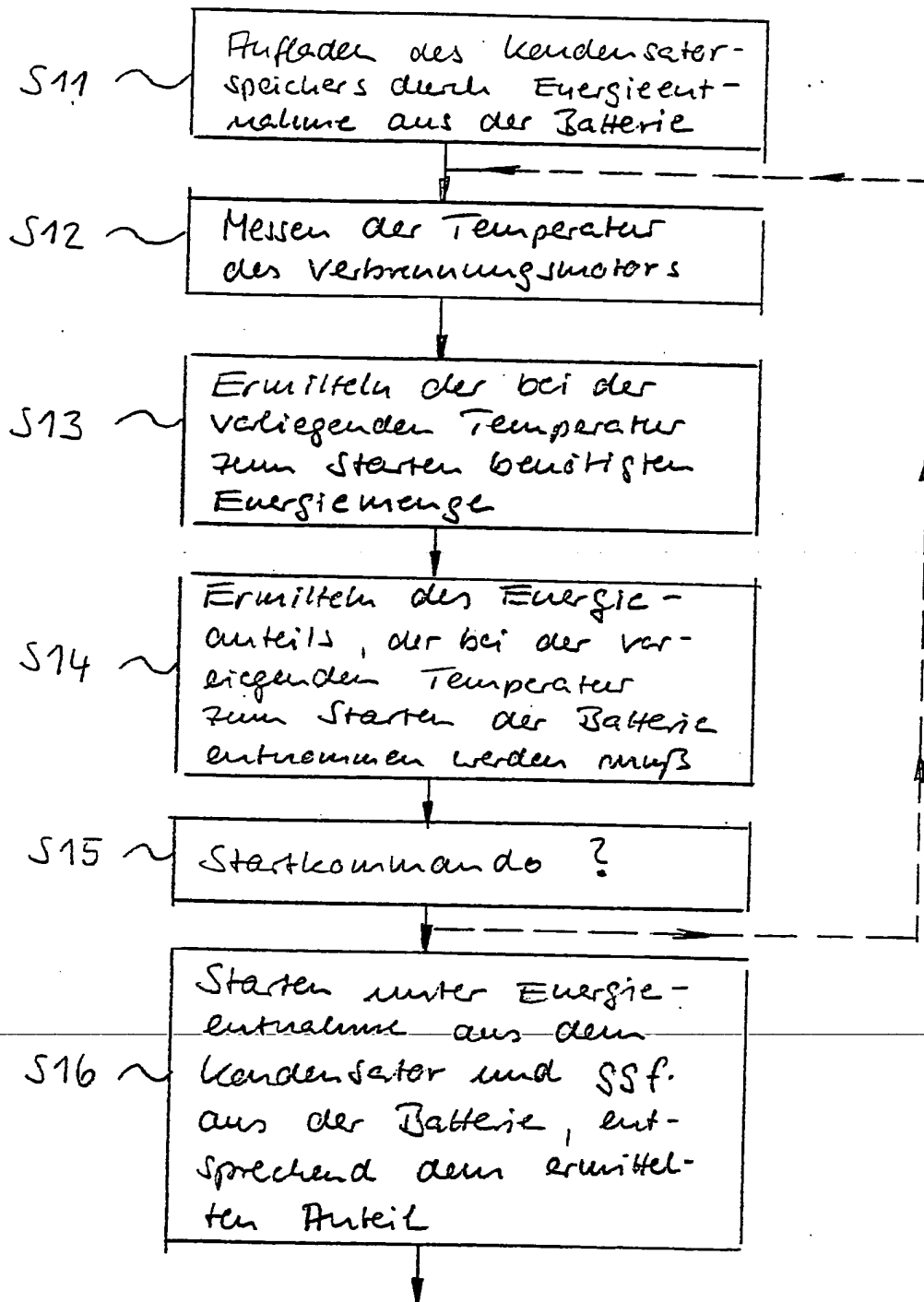


FIG. 5